АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ОТНОСИТЕЛЬНЫМ ПРИОРИТЕТОМ

ALGORITHMS FOR ANALYSIS OF CHARACTERISTICS OF MASS SERVICE SYSTEMS WITH RELATIVE PRIORITY

УДК 519.872.8

Лазуков Михаил Романович, студент 4 курс, факультет «Кибернетика»
МИРЭА – Российский технологический университет, Россия, г. Москва

Lazukov Mikhail Romanovich , 5794444@rambler.ru

Аннотация

Статья посвящена исследованию замкнутых систем массового обслуживания (СМО) с относительным приоритетом в переходном и стационарном режиме работы.

Для выполнения работы была разработана программа, моделирующая работу замкнутых СМО с относительным приоритетом для расчета различных характеристик: общее и среднее время простоя устройств, время простоя сервисов обслуживания, общее и среднее время ожидания устройств в очереди, с разными значениями интенсивностей входных потоков и интенсивностей обслуживания и меняющимся количеством обслуживающих устройств.

Актуальность предлагаемого исследования обусловлена широким использованием замкнутых систем массового обслуживания с относительным приоритетом в крупных вычислительных центрах, производственных комплексах, различных организационных системах.

Annotation

The article is devoted to the study of closed-loop queuing systems (QS) with relative priority in the transient and stationary modes of operation.

To carry out the work, a program was developed that simulates the operation of closed QS with relative priority for calculating various characteristics: total and average downtime of devices, downtime of maintenance services, total and average waiting times for devices in a queue, with different values of input flow rates and service rates, and the changing number of service devices.

The relevance of the proposed research is due to the widespread use of closed queuing systems with relative priority in large computing centers, industrial complexes, and various organizational systems.

Ключевые слова: система массового обслуживания, очередь, переходный режим работы, стационарный режим, время простоя заявок в СМО.

Keywords: queuing system, queue, transient mode of operation, stationary mode, idle time of requests in the QS.

Имеется большое число реальных ситуаций, когда в потоке требований могут содержаться требования нескольких типов, причем требования первого типа обслуживаются вне всякой очереди, если только в очереди нет требований того же типа. По отношению к требованию третьего типа и следующего типов правом преимущества пользуются требования второго типа и т.д. В качестве примера можно привести обслуживание на телеграфе. Срочные телеграммы передаются раньше обыкновенных даже в том случае, когда простые телеграммы сданы ранее срочных. В этом случае срочные телеграммы пользуются преимуществом перед обычными. В основном выделяют две основные системы обслуживания с приоритетом: с абсолютным приоритетом и относительным приоритетом. Мы будем рассматривать системы с относительным приоритетом.

Рассмотрим СМО с относительным приоритетом с n устройствами (n_1 устройств вида 1 с высоким приоритетом и n_2 устройств вида 2 с низким приоритетом) и m сервисами (приборами) будем проводить по результатам статистического моделирования.

В этой системе работает n устройств, а m сервисов обслуживают устройства, которые выходят из строя или, проще говоря, ломаются. При выходе из строя устройства оно либо сразу начинает обслуживаться сервисом, либо если все сервисы заняты, то встает в очередь. Если это устройство с высоким приоритетом то оно встает в очередь перед всеми устройствами с низким приоритетом, которые уже ожидают обслуживания в очереди. Однако, при наличии в очереди других устройств с высоким приоритетом, которые попали в очередь раньше, текущее устройство встает в очередь за ними.

Если устройство с низким приоритетом, то в случае наличия очереди оно становится в ее конец. В тот момент, когда один из сервисов обслуживания освобождается, он сразу берет первое устройство из очереди и начинает обслуживать его.

Время работы каждого устройства до выхода из строя распределено по закону распределения с параметрами λ_1, λ_2 для устройств с высоким и низким приоритетом соответственно. Время обслуживания каждого устройства любым из сервисов распределено по закону распределения с параметрами μ_1, μ_2 для устройств с высоким и низким приоритетом соответственно.

Рассмотрены будут два режима: переходный, имеющий ограничение в 1000 событий, и стационарный, ограничивающийся максимальным отклонением частоты попадания в состояния на событии N от частоты на событии $N + 1$, не превышающим 0.00001 .

Будем описывать состояния СМО набором чисел $(i_1, i_2|k_1, k_2)$, где

i_1 - число работающих устройств вида 1,

i_2 - число работающих устройств вида 2;

k_1 - число устройств вида 1 на обслуживании;

k_2 - число устройств вида 2 на обслуживании.

Теперь изложим принцип работы исследуемой системы. Для начала, скажем, что мы будем использовать термин “пересчет”, который обозначает пересчет времени, то есть, найдя минимальное время, мы вычитаем его из оставшихся для того, чтобы попасть в следующее событие, которое случится

через это минимальное время. Также будем использовать термин “событие”. Событием будем называть некоторый момент времени: выход устройства из строя или возвращение устройства в рабочее состояние(окончание обслуживание устройства сервисом). Теперь мы генерируем десять случайных величин ($t_{отк1}, t_{отк2},..., t_{отк10}$) по показательному закону с параметром λ_1 устройства с высоким приоритетом и с параметром λ_2 устройства с низким приоритетом (количество устройств с высоким приоритетом n_1, и n_2 с низким приоритетом). То есть, если n_1 равно, например, трем, то тогда $t_{отк1}$, $t_{отк2}$, $t_{отк3}$ будет генерироваться по показательному закону с параметром λ_1, а оставшиеся $t_{отк4},\ldots, t_{отк10}$ будут генерироваться по показательному закону с параметром λ_2 . Таким образом, получаем для каждого устройства время, через которое оно выйдет из строя. Потом выбираем минимальное время до выхода из строя ($t_{минотк}$) и делаем пересчет. Это будет событие с номером один, его тип – выход из строя. Так как простоя наших устройств не было, то на этом этапе время простоя для двух типов остается нулевым. После первого события мы записываем только время простоя сервисов, так как до момента поломки прошло некоторое время ($t_{минотк}$). То есть, $TS = TS + jt_{мин}$, где j – это количество свободных сервисов, а $t_{мин}$ в данном случае $t_{минотк}$. Получаем, что для таблицы с номером 1 на первом шаге остается все неизменным. Устройство, вышедшее из строя, начинает сразу обслуживаться одним из сервисов ($t_{об}$ генерируется по показательному закону с параметрами μ_1 или μ_2, в зависимости от вида устройства), так как ни один прибор не был занят. Следующее событие с номером два может быть двух типов:1) выход из строя еще одного устройства, 2) завершение обслуживания устройства. Для определения типа события мы сравниваем минимальное время до выхода из строя ($t_{минотк}$) и минимальное время до завершения обслуживания ($t_{миноб}$). Если попадаем в 2), мы попадаем в изначальное положение как перед событием с номером один, когда все устройства в рабочем состоянии и известно время до отказа каждого. Если попадаем в 1), то, либо устройство, вышедшее из строя, начинает обслуживаться другим свободным сервисом (при m>1) – случай а), либо устройство попадет в

очередь, так как единственный сервис занят (при m = 1) – случай б). Время простоя устройств считается по формулам: $T1_{прост} = T1_{прост} + i_1 t_{мин}$ и $T2_{прост} = T2_{прост} + i_2 t_{мин}$, где i_1 и i_2 – количество устройств , не работающих до текущего события, 1 и 2 вида соответственно, $t_{мин}$ – минимальное время до некоторого события, либо $t_{минотк}$, либо $t_{миноб}$. Для первого случая в таблицы запишется время простоя прибора: $T1_{прост} = T1_{прост} + t_{минотк}$, если устройство, которое вышло из строя в первом событии было типа 1 (i_1= 1), $T2_{прост} = T2_{прост} + t_{минотк}$, если устройство, которое вышло из строя в первом событии было типа 2 (i_2= 1). То есть, это значит, что устройство, вышедшее из строя в первом событии, находилось в нерабочем состоянии до события с номером два. Помимо этого считается время простоя сервисов (как описано в событии первом), если есть те, которые не заняты обслуживанием. Время в очереди на данном этапе не будет высчитывать, так как очередь отсутствует. Для случая б) устройство, вышедшее из строя, попадет в очередь и так как она пустая, это устройство будет первым после завершения обслуживания другого устройства. Время простоя изменится, как описано в случае выше, а время простоя сервисов, не изменится, так как в данном случае у нас только один сервис и он обслуживает устройство. В случае, когда очередь не пуста и все сервисы заняты, при выходе из строя устройства с высоким приоритетом возможны два случая: 1) когда в очереди нет устройств с высоким приоритетом, 2) когда в очереди есть устройства с высоким приоритетом. В случае 1) это устройство встает на первое место в очереди. Во 2) случае это устройство встает за последним устройством с высоким приоритетом в очередь, тем самым отодвигая устройства с низким приоритетом на одну позицию в очереди. Если же в очередь попадает устройство с низким приоритетом, то оно встает в конец очереди. Время в очереди считается на каждом событии по той же системе как и время простоя: $T_{оч1} = T_{оч1} + f_1 t_{мин}$ и $T_{оч2} = T_{оч2} + f_2 t_{мин}$, где f_1 и f_2 – количество устройств находящихся в очереди 1-го и 2-го вида соответственно.

Литература

1. Лобузов А.А., Гумиляева С.Д., Норин Н.В. Теория случайных процессов: Учебное пособие // Московский Институт Радиотехники, Электроники и Автоматики (МИРЭА). - 1993. – С. 33-45.
2. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания // «Наука». - 1966. – С. 67-83.
3. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. // «Машиностроение». - 1979. – С. 34-67.
4. И. Адан и Ж. Ресинг. Системы массового обслуживания // Кафедра математики и компьютерных наук, Эйндховенский технологический университет. - 2015. – С. 23-54.
5. Бочаров П. П., Печинкин А. В. Теория массового обслуживания. // РУДН. - 1995. – С. 79-92.
6. Матвеев В.Ф., Ушаков В.Г. Системы массового обслуживания. // Изд-во МГУ. - 1984. – С. 46-65.

Literature

1. Lobuzov A.A., Gumilyaeva S.D., Norin N.V. Theory of stochastic processes: Textbook // Moscow Institute of Radio Engineering, Electronics and Automation (MIREA). - 1993. – C. 33-45.
2. Gnedenko B.V., Kovalenko I.N. Introduction to the theory of queuing. // "Science". - 1966. – C. 67-83.
3. Kleinrock L. The theory of queuing. // "Mechanical engineering". - 1979. – C. 34-67.
4. Adam and J. Resing. Queuing systems // Department of Mathematics and Computer Science, Eindhoven University of Technology. - 2015. – C. 23-54.
5. Bocharov P. P., Pechinkin A. V. The theory of queuing. // RUDN. - 1995. – C. 79-92.
6. Matveev V.F., Ushakov V.G. Queuing systems. // Publishing house of Moscow State University. - 1984. – C. 46-65.